

415

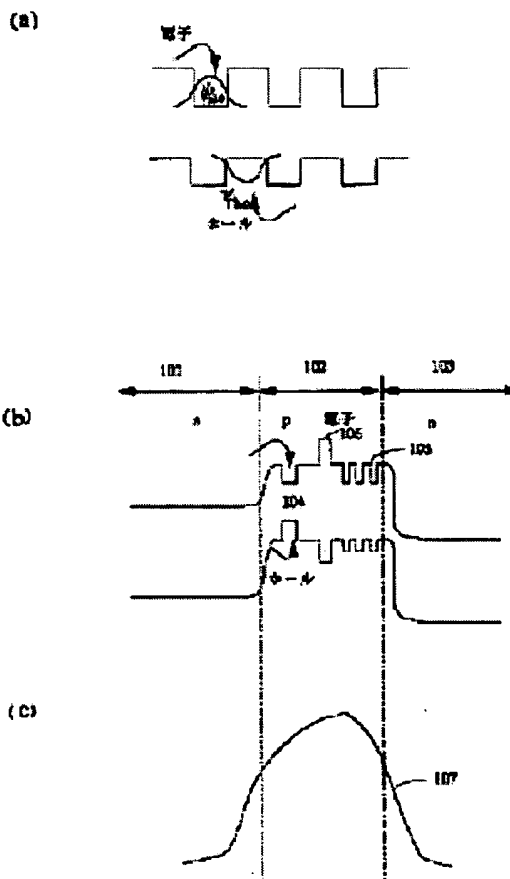
**VARIABLE WAVELENGTH OPTICAL DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM THAT USES IT**

**Patent number:** JP7131121  
**Publication date:** 1995-05-19  
**Inventor:** ONO TAKEO; OKUDA MASAHIRO  
**Applicant:** CANON KK  
**Classification:**  
- international: H01S3/18; H04B10/28; H04B10/02  
- european:  
**Application number:** JP19930292768 19931027  
**Priority number(s):** JP19930292768 19931027

**Abstract of JP7131121**

**PURPOSE:** To provide an optical device that does wavelength tuning by changing the refractive index by a small current that it does not cause a temperature change and an optical communicating system that utilizes it.

**CONSTITUTION:** It consists of a substrate, an active layer 104 and a wavelength control layer 105, and the active layer 104 and the wavelength control layer 105 are arranged at top and bottom sides. The active layer 104 and the wavelength control layer 105 are separated by a conductive central layer 106. Contact layers and metal electrodes for electric connection are so provided as to be electrically connected to the substrate, the central layer 106 and an upper side layer of the active layer 104 or the wavelength control layer 105 that are arranged on the other side of the substrate with the central layer 106 between them. The wavelength control layer 105 consists of a type 2 superlattice layer.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**BEST AVAILABLE COPY**

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-131121

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

| (51) Int.Cl. <sup>6</sup>    | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I           | 技術表示箇所 |
|------------------------------|------|---------|---------------|--------|
| H 0 1 S 3/18                 |      |         |               |        |
| H 0 4 B 10/28                |      |         |               |        |
| 10/02                        |      |         |               |        |
|                              |      | 9372-5K | H 0 4 B 9/ 00 | W      |
| 審査請求 未請求 請求項の数 8 F D (全 9 頁) |      |         |               |        |

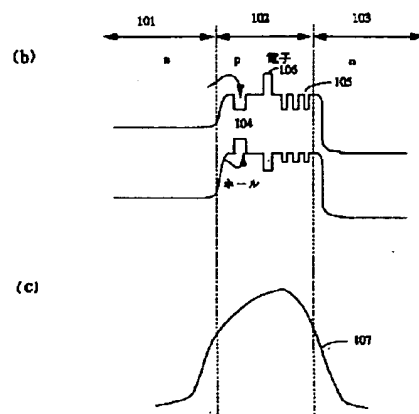
|           |                  |          |  |
|-----------|------------------|----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願平5-292768      | (71) 出願人 | 000001007<br>キヤノン株式会社<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 |
| (22) 出願日  | 平成5年(1993)10月27日 | (72) 発明者 | 小野 武夫<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ<br>ノン株式会社内   |
|           |                  | (72) 発明者 | 奥田 昌宏<br>東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ<br>ノン株式会社内   |
|           |                  | (74) 代理人 | 弁理士 加藤 一男                                  |

(54) 【発明の名称】 波長可変光デバイス及びそれを用いた光通信システム

(57) 【要約】

【目的】 温度を変化させないような小さな電流で屈折率を変化させて波長チューニングを行う光デバイス及びそれを用いた光通信システムである。

【構成】 基板と活性層104と波長制御層105とからなり、活性層104と波長制御層105は上下に配置される。活性層104と波長制御層105は、導体として設けられている中央層106により分離されている。基板と、中央層106と、中央層106を挟んで基板と逆の側に位置する活性層104または波長制御層105の上部の層との3層に、各々通電する接触層及び金属電極が設けられる。波長制御層105がタイプ2の超格子層で構成されている。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と活性層と波長制御層とからなり、活性層と波長制御層は上下に配置され、活性層と波長制御層は、導体として設けられている中央層により分離されており、基板と、中央層と、中央層を挟んで基板と逆の側に位置する活性層と波長制御層の一方の上部の層との3層に、各々通電する接触層及び金属電極により構成された波長可変光デバイスにおいて、該波長制御層がタイプ2の超格子層で構成されていることを特徴とする波長可変光デバイス。

【請求項2】 活性層と中央層と波長制御層とからなり、活性層と波長制御層は、導体として設けられている中央層により分離されており、該波長制御層がタイプ2の超格子層で構成されていることを特徴とするヘテロバイポーラトランジスタ型構造の波長可変光デバイス。

【請求項3】 前記中央層の内部に、該中央層の周囲の層と比較してエネルギーギャップが大きな半導体層を設けたことを特徴とする請求項1または2記載の波長可変光デバイス。

【請求項4】 基板とその上に設けられた活性層あるいは波長制御層との間に導波する光に対するクラッド層を設け、該クラッド層の上部に回折格子が形成されていることを特徴とする請求項1または2記載の波長可変光デバイス。

【請求項5】 前記回折格子が分布帰還用に形成されていることを特徴とする請求項4記載の波長可変光デバイス。

【請求項6】 デバイス内部で発光した光が共振する方向に、利得を与える利得領域と、共振するモードの導波光の位相を変える機能を有する位相制御領域が更に設けられ、前記回折格子が形成された領域が分布反射領域となるように構成されたことを特徴とする請求項4記載の波長可変光デバイス。

【請求項7】 前記タイプ2の超格子層として、InAlAsとInPの超格子、GaAsとGaSbの超格子、InAsとGaSbの超格子の何れかを用了ことを特徴とする請求項1または2記載の波長可変光デバイス。

【請求項8】 光送信部と光受信部が分岐合流器で接続された構成の端局装置が光伝送路で接続された光通信システムにおいて、送信部の電気光変換部及び受信部の光フィルタに請求項1、2、3、4、5、6または7に記載の波長可変光デバイスを備えたことを特徴とする光通信システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、ヘテロバイポーラトランジスタ型構造のベース領域に導波光を増幅する活性層を設け、ベース、コレクタ間にベース-コレクタ間電流により屈折率及び吸収スペクトルを変化させる多重量子

井戸層を形成した構造の光デバイスにおいて、多重量子井戸層にタイプ2の超格子層が用いられて広い波長チューニング機能を持たされた光デバイス等に関する。

##### 【0002】

【従来の技術】近年、光通信分野において伝送容量を拡大することが望まれており、複数の光周波数を1本の光ファイバに多重させた光周波数多重（光FDM）通信の開発が行われている。

【0003】光FDMの技術は受信方法によって2つに大別できる。信号光と局発光源光とのビートを取って中間周波数を得て検出するコヒーレント光通信と、光周波数可変ないし波長可変フィルタで所望の波長（周波数）の光のみを透過させて検出する方法である。

【0004】ここでは、後者の光周波数可変フィルタを用いた光レシーバについて説明する。

【0005】上記波長可変フィルタには、マッハツェンダ型、ファイバファブリペロー型、音響光学（AO）変調器型、半導体型などがあり、夫々開発が進められている。

【0006】マッハツェンダ型、ファイバファブリペロー型は透過帯域幅が比較的自由に設計でき、数Å程度の狭いものが得られるため、周波数多重度を大きくできる利点がある。さらに、受信光の偏波状態の影響を受けないという大きなメリットがある。マッハツェンダ型の実例としては、OCS 89-65 K.Oda et. al. “光FDM用フィルタのチャンネル選択特性”があり、ファイバファブリペロー型の実例としては、I.P.Kaminow et. al. “FDMA-FSK Star Network with a Tunable Optical Filter Demultiplexer”, IEEE J. Lightwave Technol., vol. 6, No. 9, p. 1406, September, 1988等がある。しかし、光の損失がある、半導体光検出器との集積化が不可能で装置の小型化が困難である等の欠点がある。

【0007】AO変調器型の場合は、透過帯域幅が大きく数10Å程度となるため、制御は容易であるが、波長多重度を大きくできない。実例としては、OCS 91-83 N. Shimosaka et. al. “音響光学フィルタを用いた波長分割/時分割複合多重型放送局内光ネットワーク”がある。欠点として、光の損失がある、集積化不可能である、偏波制御が必要である等が挙げられる。

【0008】一方、半導体型の場合、例えば単一縦モード化のために光ガイド層に回折格子を備えたDFB（分布帰還型）フィルタは、透過帯域幅を狭く（数Å）できて、光の増幅作用（20dB程度）を合わせ持ち、多重度を大きくしかも最低受信感度を小さくできるという利点を持つ。その実例としては、図6（a）に示したOQE 88-65 T.Numai et. al. “半導体可変波長フィルタ”がある。図6（a）のフィルタにおいては、導波層641にグレーティング642が設けられ、導波方向に沿って3つに分かれた電極643、644、645が形成され、夫々両端の電極643、645はゲインを持たせる

と同時に、キャリア密度を変えることで屈折率を変え、グレーティング642によって分布反射される波長を変化させている。中央の電極644は同様にキャリア密度分布により屈折率を制御して、導波路を通る光の位相を変化させ、より広い範囲の波長を選択できる様にしている。

【0009】この半導体可変波長フィルタは、半導体光検出器と同じ材料で構成できるため、光レシーバとして集積化可能であり、小型化できる。

【0010】以上より、半導体型は光FDM通信に適した特性をもつ光レシーバであるといえる。

【0011】又、送信側を考えた場合、半導体レーザの波長が可変であることは光通信システムのアーキテクチャの自由度を広げ、1つのレーザで多チャンネルに対応可能になるため、装置の小型化、周辺回路の簡素化に役立つものであった。

【0012】従来こういった半導体型のレーザ／フィルタでは、前述した光導波路の導波方向に電極を複数設け、導波路の一部の屈折率を電流により変化させて波長を変化させていた。しかし、この方式では波長をチューニングすると導波路内の吸収も同時に変化し、それを補うため利得を変化させる必要が生じ、これが波長可変範囲を狭くさせていた。

【0013】近年、利得と波長制御を独立に行うことを目的にヘテロバイポーラトランジスタ(HBT)型構造の波長チューナブルレーザが注目されてきている。これは、図6(b)に示した様に、ベース701-コレクタ702間の電流で屈折率を変化させ、ベース701-エミッタ703間の電流で利得を制御するというTunable Twin Guide(TTG)と呼ばれるもので、波長可変範囲は連続で数nm程度に広がるというものであった(M. C. Amano et. al. Appl. Phys. Lett., 54 (1989))。

【0014】

【発明が解決しようとしている課題】上記従来のHBT型波長可変光デバイス(TTG)は、波長制御のための層705にタイプ1の量子井戸層あるいはバルクの層を設けていた。この構造で屈折率を十分に变化させるためには、この層705に流す電流を大きく変化させることが必要となる。そして、この電流の変化に伴って温度も変化してしまい、これが光出力を変化させてしまうという不都合を生じ、これが波長可変範囲を狭くし、出力変化を補うよう利得を変化させる場合、制御が複雑になるという欠点を有していた。

【0015】上記従来例の欠点を解決するには、温度を変化させないような小さな電流で屈折率を変化させることが可能になれば良い。従って、本発明の目的は、これを可能にした構造を持ち波長チューニング機能を持った光デバイス及びそれを用いた光通信システムを提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する波長可変光デバイスは、基板と活性層と波長制御層とからなり、活性層と波長制御層は上下に配置され、活性層と波長制御層は、導体として設けられている中央層により分離されており、基板と、中央層と、中央層をはさんで基板と逆の側に位置する活性層と波長制御層の一方の上部の層との3層に、各々通電する接触層及び金属電極により構成された波長可変光デバイスにおいて、該波長制御層がタイプ2の超格子層で構成されていることを特徴とする。

【0017】また、活性層と中央層と波長制御層とからなり、活性層と波長制御層は、導体として設けられている中央層により分離されており、該波長制御層がタイプ2の超格子層で構成されていることを特徴とする。

【0018】より具体的には、前記中央層の内部に、該中央層の周囲の層と比較してエネルギーギャップが大きな半導体層を設けたことを特徴とする。また、前記基板とその上に設けられた活性層あるいは波長制御層との間に導波する光に対するクラッド層を設け、該クラッド層の上部に回折格子(例えば、分布帰還用)が形成されていることを特徴とする。また、デバイス内部で発光した光が共振する方向に、利得を与える利得領域と、共振するモードの導波光の位相を変える機能を有する位相制御領域が更に設けられ、前記回折格子が分布反射領域となるように構成されたことを特徴とする。また、前記タイプ2の超格子層として、InAlAsとInPの超格子、GaAsとGaSbの超格子、InAsとGaSbの超格子の何れかを用了ことを特徴とする。

【0019】更に、上記目的を達成する光通信システムは、光送信部と光受信部が分岐合流器で接続された構成の端局装置が光伝送路で接続された光通信システムにおいて、送信部の電気光変換部及び受信部の光フィルタに上記波長可変光デバイスを備えたことを特徴とする。

【0020】以上の様に、本発明では、TTGの波長制御層にタイプ2の量子井戸を設けることで電子-ホールペアの寿命を長くし、小さい電流でキャリア密度の変化を大きくすることを可能にし、波長可変範囲を広げると同時に制御を容易にするというものである。

【0021】本発明で述べているタイプ2の超格子とは、電子に対するエネルギーバンド端が井戸の底になる層のホールエネルギーバンド端が電子とは逆に障壁となり、電子に対するエネルギーバンド端が障壁になる層ではホールのエネルギーバンド端が井戸となるよう構成され、更に、電子の井戸のエネルギーバンド端がホールの井戸のエネルギーバンド端より高いエネルギーであるような多重量子井戸を差すものである。

【0022】

【作用】図1に本発明の原理を説明するバンドダイアグラムを示す。図1(a)にタイプ2の超格子の電子、ホールのエネルギーバンド図を示したが、電子とホール

は、それぞれの井戸にできるエネルギー準位に捕獲される。この時、タイプ1では電子、ホールは同じ位置であるのに対し、タイプ2では位置がずれるため、電子の基底準位の波動関数 ( $\phi_{e0}$ ) とホールの基底準位 (ヘビーホールの基底準位) の波動関数 ( $\phi_{h0}$ ) の重な

$$1/\tau = \int g_c(E) g_v(E) \{f_c(E) - f_v(E)\} dE |\langle \phi_{e0}(r) | P | \phi_{h0}(r) \rangle|^2 \quad (1)$$

と表される。

【0024】ここで  $g_c$ 、 $g_v$  は電子、ホールの状態密度関数であり、 $f_c$ 、 $f_v$  は電子、ホールの確率分布関数であり、 $P$  は運動量演算子を示す。ディラックのブラケットの2乗で表された部分は電子-ホールの再結合確率に対応し、この前にかかっている部分は注入キャリア密度  $n$  に関連し、反転分布に対応するものである。

【0025】又、量子井戸に流れる電流密度を  $J$  とすると、定常状態ではレート方程式より

$$J/e d = n/\tau \quad (2)$$

の関係が成り立つ ( $d$ : 量子井戸層厚、 $e$ : 電子の電荷)。

【0026】この(2)式より、寿命  $\tau$  が大きい程、電流密度  $J$  に対するキャリア密度  $n$  の変化が大きいことがわかる。よって、タイプ2の超格子では電子-ホールの波動関数の重なりが小さいため再結合確率が小さくなり、(1)式より寿命は大きくなることとなり、小さい電流  $J$  でキャリア密度  $n$  の大きな変化を起こすことが可能になる。

【0027】半導体導波型光デバイスとしてこの効果を利用するため、上記量子井戸に近接して導波路を設け、そして能動素子として利用するためには利得のある活性層を設ける必要があり、前記TTG構造はこれを満足するものである。図1(b)にTTG構造にした時のバンドダイアグラムを示す。ここで、101はエミッタ、102はベース、103はコレクタ領域を示し、104は活性層、105はノンドープでタイプ2の超格子層を示し、106はキャリアの流れをせき止めるバリア層である。エミッタ101-ベース102間に順バイアス、ベース102-コレクタ103間にも同様に順バイアスを印加した時に、キャリアの流れが独立に制御できるようになっている。

【0028】GaAs、AlGaAs系の半導体を用いた場合、エネルギーギャップの狭いベース領域の屈折率が高くなるため導波光は主にベース領域に閉じ込められ、図1(c)の107に示した様に活性層104とタイプ2超格子層105両方を光の一部が伝搬する。

【0029】ここでエミッタ101-ベース102間に順バイアスを印加しているため、電子はエミッタ101からベース102に流れ込み、エネルギーギャップの狭い活性層104でホールと再結合し発光する。注入キャリアをしきい値以下に抑え、入射する波長に合わせてエネルギーギャップを設定すれば入射光の増幅も可能とな

り、タイプ1の場合と比較し小さい。アインシュタインの光子論より電子-ホールペアの寿命 ( $\tau$ ) は、

【0023】

【数1】

る。さらに、ベース102-コレクタ103間にも順バイアスを印加しているため電流が流れ、波長制御層となるタイプ2超格子層105にキャリアが蓄積される。この時、前述の効果で僅かの電流でキャリア密度は大きく変化し、プラズマ効果により屈折率も大きく変化する。すなわち、導波路の有効屈折率も変わり、それにより伝搬定数が増加するため共振するモードの波長も僅かな電流でシフトすることになる。

【0030】

【実施例1】本発明による第1の実施例を図2に沿って説明する。

【0031】図2(a)は、波長可変レーザ/フィルタの断面斜視図で、(b)はバンドダイアグラム、(c)は導波光107の界分布を示す。図2において、201は基板となる  $n$ -InP、202はクラッドとなる  $n$ -InP、203は  $p$  型で厚さ7nmのInAlAsと厚さ6.5nmのInPの3周期構造から成る多重量子井戸層、204は厚さ10nmのP-InGaAlAsバリア層、205は厚さ0.58  $\mu$ mのIn<sub>0.59</sub>Ga<sub>0.41</sub>As<sub>0.9</sub>P<sub>0.1</sub>活性層、206は  $n$ -InPクラッド層、207はキャップ層、208は活性層205に通電するための電極、209はベース領域に通電する電極で、その下には  $p$  型になるよう不純物を拡散した領域211が活性層205まで伸びている。210は波長制御層となるタイプ2超格子203へ電流を流すための電極、212は絶縁層となる窒化シリコン層を示す。

【0032】上記構造で、エミッタ電極に相当する電極208とベース電極に相当する電極209の間に順バイアスを印加すると、活性層205で電子とホールは再結合を起こし、発光する。また、コレクタに相当する電極210とベース電極に相当する電極209間にも順バイアスを印加すると、量子井戸層203にキャリアが蓄積され、屈折率は変化する。

【0033】本実施例の場合、波長1.55  $\mu$ m前後の光を選択するフィルタを考え、活性層205の組成を決定している。又、全体の共振器長を200  $\mu$ mでへき開したファブリペロー型の共振器としている。電極208と電極209間に流す電流をレーザ発振する閾値直前に設定することで、1.55  $\mu$ m近くの波長で1nm間隔で光を増幅するパスバンド幅0.05nmの波長フィルタとなる。

【0034】更に、電極210と電極209間に流す順方向電流を数mA変化させることで上記共振ピーク波長

は連続に10nm変化し、増幅の利得も変化しなかった。このことより利得一定で連続チューニング幅10nmの狭帯域フィルタが簡単な構造で実現でき、波長の制御も電極210と電極209間の電流を変えるだけという単純な制御で行えるようになった。

【0035】本実施例においてはnpn型のヘテロバイポーラトランジスタ構造であったが、pnp型のヘテロバイポーラトランジスタ構造にしても同様の機能が得られる。

【0036】

【実施例2】第1実施例ではファブリペロー型の共振器構造であったが、本実施例はグレーティングによる回折格子で分布反射を起こさせて共振させる構造としたものである。

【0037】第2の実施例を図3に沿って説明する。

【0038】図3は、第2の実施例の波長可変レーザ／フィルタの断面斜視図を示す。301は基板となるn-InP、302はクラッドとなるn-InP、303はp型で厚さ7nmのInAlAsと厚さ6.5nmのInPの3周期構造から成る多重量子井戸層、304は10nmのp-InGaAlAsバリア層、305は厚さ0.58μmのIn<sub>0.59</sub>Ga<sub>0.41</sub>As<sub>0.9</sub>P<sub>0.1</sub>活性層、306はn-InPクラッド層、307はキャップ層、308は活性層305に通電するための電極、309はベース領域に通電する電極で、その下にはp型になるよう不純物を拡散した領域311が活性層305まで伸びている。310は波長制御層となるタイプ2超格子層303へ電流を流すための電極、312は絶縁層となる窒化シリコン層を示す。ここまでは第1実施例と同じであるが、本実施例では、クラッド層302と量子井戸層303の間に0.05nmの深さのn-InPグレーティング313を形成したところが第1実施例と異なる。

【0039】上記構造でエミッタ電極に相当する電極308とベース電極に相当する電極309の間に順バイアスを印加すると、活性層305で電子とホールは再結合を起こし、発光する。また、コレクタに相当する電極310とベース電極に相当する電極309間にも順バイアスを印加すると量子井戸層303にキャリアが蓄積され、屈折率は変化する。

【0040】本実施例の場合、波長1.55μm前後の光を選択するレーザ／フィルタを考え、活性層305の組成を決定している。

【0041】又、全体の共振器長を300μmでへき開し、グレーティング313のピッチは0.239μmとした。

【0042】電極308と電極309間に流す電流をレーザ発振する閾値直前に設定することで、1.55μmの波長で光を増幅するパスバンド幅0.05nmの波長フィルタとなる。

【0043】更に、電極310と電極309間に流す順

方向電流を数mA変化させることで上記共振ピーク波長は連続に10nm変化し、増幅の利得も変化しなかった。このことより、利得一定で連続チューニング幅10nmの狭帯域フィルタが簡単な構造で実現でき、波長の制御も電極310と電極309間の電流を変えるだけという単純な制御で行えるようになった。

【0044】第1実施例では共振ピークが複数となるため完全に連続にシフトできる範囲は共振リップルの間隔で限られてしまうが、本実施例ではグレーティングピッチで決まるブラッグ波長だけが共振するため、単一ピークを維持したまま10nm連続にシフトが可能になった。更に電極308と電極309間に流す電流をレーザ発振しきい値以上にする事で、同様に10nm連続チューニング可能な単一モードレーザが実現できる。

【0045】本実施例においても、npn型のヘテロバイポーラトランジスタ構造であったが、pnp型のヘテロバイポーラトランジスタ構造にしても同様の機能が得られる。

【0046】

【実施例3】第2実施例ではグレーティングによる分布帰還によりDFBレーザと同様な共振を利用したレーザ／フィルタを示したが、本実施例は第2実施例の構造を分布反射器として利用したDBR（分布反射）型のレーザ／フィルタに関するものである。

【0047】第3の実施例を図4に沿って説明する。

【0048】図4は、第3の実施例の波長可変レーザ／フィルタの断面斜視図を示す。401は基板となるn-InP、402はクラッドとなるn-InP、403はp型で厚さ7nmのInAlAsと厚さ6.5nmのInPの3周期構造から成る多重量子井戸層、404は10nmのp-InGaAlAsバリア層、405は0.5μmのIn<sub>0.59</sub>Ga<sub>0.41</sub>As<sub>0.9</sub>P<sub>0.1</sub>活性層、406はn-InPクラッド層、407はキャップ層、408は活性層405に通電するための電極、409はベース領域に通電する電極で、その下にはp型になるよう不純物を拡散した領域411が活性層405まで伸びている。410は波長制御層となるタイプ2超格子層403へ電流を流すための電極、412は絶縁層となる窒化シリコン層を示す。クラッド層402と量子井戸層403の間に0.05nmの深さのn-InPグレーティング413を形成し、分布反射領域としている。本実施例では光の共振方向に、さらに位相制御領域と利得領域を新たに設け、DBR構成にしている。上記位相制御領域と利得領域の層構成は、基板401、クラッド402は分布反射領域と同一で、その上部には活性層となるノンドープの0.5μmのIn<sub>0.59</sub>Ga<sub>0.41</sub>As<sub>0.9</sub>P<sub>0.1</sub>層405'、更にその上部にはクラッドとなるp-InP層406'及びp-InPキャップ層407'、407"が選択再成長により形成されている。

【0049】上記構造で、利得領域の電極408"と電

極410の間に順バイアスを印加すると活性層405'で電子とホールは再結合を起こし、発光する。また、分布反射領域で電極409と410間にも順バイアスを印加すると量子井戸層403にキャリアが蓄積され、屈折率が変化し、反射される波長がシフトする。この時、縦モードの間でモードホップを繰り返しながら波長がシフトするのであるが、位相制御領域で電極408'と電極410間に電流を流して位相を調節することで連続に波長シフトを行うことが可能になる。

【0050】本実施例の場合、波長1.55 $\mu$ m前後の光を選択するレーザ/フィルタを考え、活性層405、405'の組成を決定している。又、グレーティング413のピッチは0.239 $\mu$ mとした。

【0051】電極408'と電極410間に流す電流をレーザ発振する閾値直前に設定することで、1.55 $\mu$ mの波長で光を増幅するパスバンド幅0.05nmの波長フィルタとなる。

【0052】更に、電極410と電極409間に流す順方向電流を数mA変化させることで上記共振ピーク波長は連続に30nm変化し、増幅の利得も変化しなかった。このことより、利得一定で連続チューニング幅30nmの狭帯域フィルタが実現でき、波長の制御も電極410と電極409間の電流を変えるだけという単純な制御で行えるようになった。

【0053】本実施例においても、分布反射領域をnpn型のヘテロバイポーラトランジスタ構造としたが、pnp型のヘテロバイポーラトランジスタ構造にしても同様の機能が得られる。

【0054】

【実施例4】ここで、上記実施例1、2、3で示した波長可変光デバイスを実際に光通信、特に波長分割多重通信(WDM)に使用したシステムを図5に示す。このシステムにおいて、501、502は端局装置、507は光伝送路である。端局装置501、502は各々、送信部と受信部を持っており、送信部は信号処理部と電気-光(EO)変換部を含む光送信部503、511からなり、受信部は入力信号のうち所定の波長のもののみ選択する光フィルタ505、509と光-電気(OE)変換部と信号処理部を含む光受信部504、510より構成されている。端局装置501、502において、送信部と受信部は各々分岐合流器506、508で接続され、端局装置501、502間は光伝送路507で接続されている。

【0055】上記構成において、端局装置501の光送信部503及び端局装置502の光送信部511より出力された光信号は、各々、分岐合流器506、508を通過して光伝送路507に伝送される。次に、伝送された光信号は相手側の端局装置502、501に入力され、各々、分岐合流器508、506を介して、光フィルタ509、505で所定の波長の信号のみ選択され、光受

信部510、504に入力される。

【0056】本発明の波長可変レーザを光送信部503、511のEO変換部に使用し、本発明の波長可変光フィルタを受信部の光フィルタ505、509に使用すれば、波長の同調範囲は拡大され、選択される波長のパスバンド幅も狭くなるため波長多重度が大きくなるという利点が生まれる。

【0057】図5においては1対1の双方向通信の例を示したが、端局装置内に複数の送信部と受信部を持つ構成、又、複数の端局装置を分岐合流器で接続した構成も可能である。更に、同じ端局装置を用い、光伝送路をバス型にして各々の端局装置を接続した構成や、光伝送路をリング型にして各々の端局装置を接続した構成、そして光伝送路をスターコブラ型にして各々の端局装置を接続した構成についても同様に可能である。

【0058】また、送信部または受信部のみを持つ端局装置を含む光通信システムに上記実施例1、2、3で示した波長可変光デバイスを用いることも、勿論可能である。

【0059】

【発明の効果】上記構成の本発明によれば、温度を変化させないような小さな電流で屈折率を変化させることが可能になり、波長チューニング機能を持った光デバイスの波長可変範囲を広げると同時に制御が容易になる。従って、それを用いた光通信システムも比較的簡単な構成で多重度を上げることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を説明するバンドダイアグラムと導波光の界分布を示す図。

【図2】本発明の第1の実施例の素子断面とバンドダイアグラムと導波光の界分布を示す図。

【図3】本発明の第2の実施例の素子断面斜視図。

【図4】本発明の第3の実施例の素子断面斜視図。

【図5】本発明の第4の実施例である光波長多重伝送の方法を説明する図。

【図6】2つの従来例を説明する素子断面斜視図

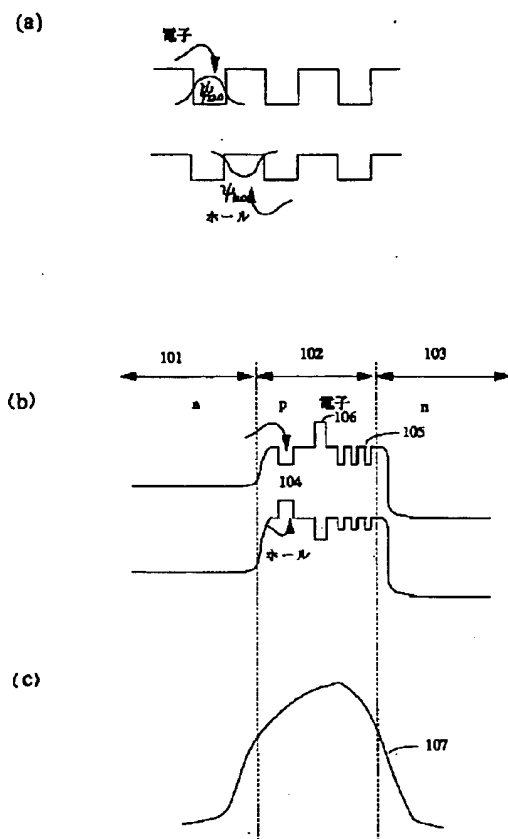
【符号の説明】

|                              |         |           |
|------------------------------|---------|-----------|
| 101                          | エミッタ部   |           |
| 102                          | ベース部    |           |
| 103                          | コレクタ部   |           |
| 104、205、305、405、405'         | 活性層     |           |
| 105、203、303、403              |         | タイプ2の超格子層 |
| 106、204、304、404              |         | バリヤ層      |
| 107                          | 導波光の界分布 |           |
| 201、301、401                  |         | 基板        |
| 202、302、402、206、306、406、406' | クラッド層   |           |
| 207、307、407、407'、407''       |         |           |

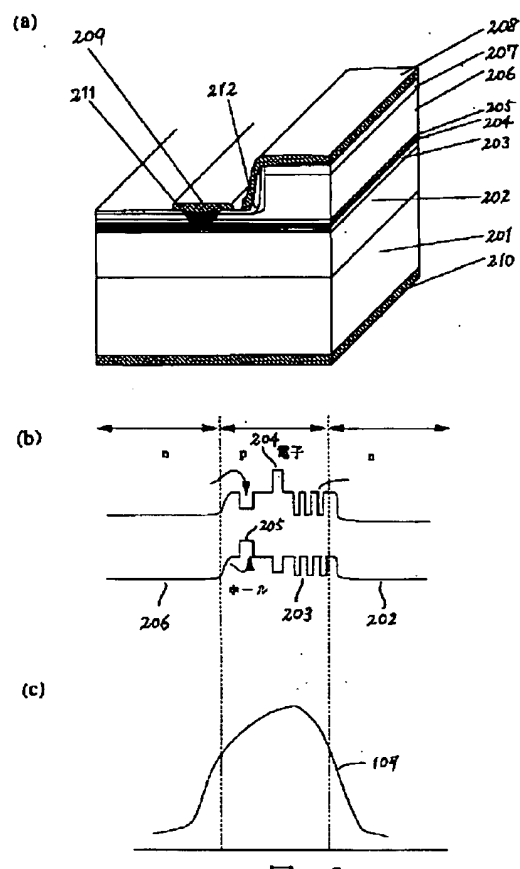
キャップ層  
 208、209、210、308、309、310、408、408'、408、"、409、410電極  
 211、311、411 不純物拡散領域  
 212、312、412 絶縁層  
 313、413 グレーティング

501、502 端局装置  
 503、511 光送信部  
 504、510 光受信部  
 505、509 光フィルタ  
 506、508 分岐合流器  
 507 光伝送路

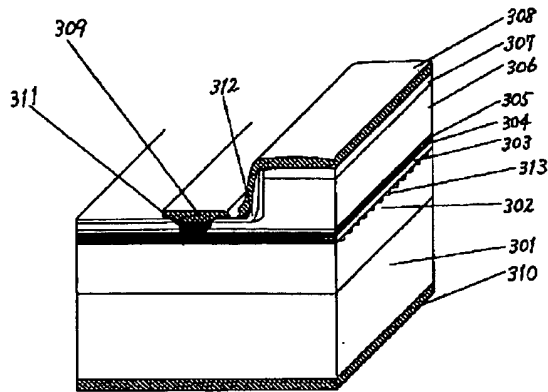
【図1】



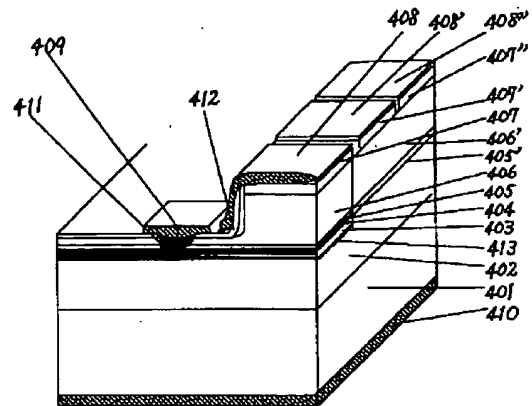
【図2】



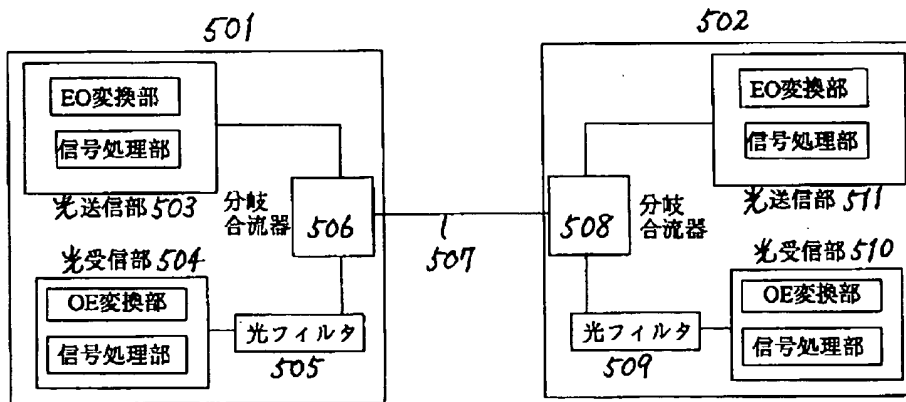
【図3】



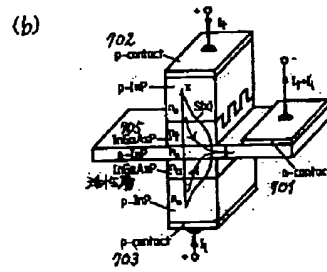
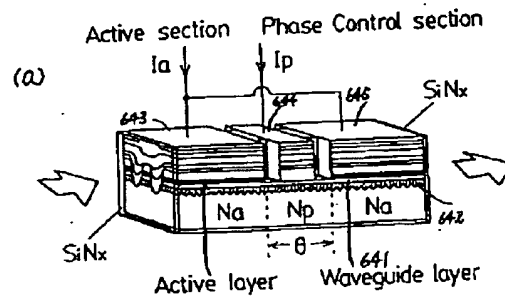
【図4】



【図5】



【図 6】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**